

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Mechanical properties, corrosion behavior and biocompatibility of biodegradable Mg matrix in situ composites
著者(和文)	CaoNguyen Quang
Author(English)	Nguyen Cao
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10947号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小林 郁夫,曾根 正人,史 蹟,多田 英司,生駒 俊之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10947号, Conferred date:2018/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	CAO QUANG NGUYEN	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	小林郁夫	准教授	生駒俊之	准教授
	審査員	曾根正人	教授		
		史蹟	教授		
多田英司		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Mechanical properties, corrosion behavior and biocompatibility of biodegradable Mg matrix *in situ* composites」と題し、以下の6章からなっている。

Chapter 1 「General Introduction」では、近年の外科インプラント医療の動向を紹介し、その中で可撤性インプラントの利用が広まりつつあることを指摘している。可撤性インプラントにはこれまでチタン合金やステンレス鋼などが利用されてきているが、近年はマグネシウム合金に注目が集まっていることを述べ、その理由として、マグネシウム合金の持つ優れた生体適合性、低いヤング率、生分解性、骨誘導性などがあることを指摘した上で、とくに治療後に抜去のための手術を必要としない生分解性インプラントとして大きな利点があることを指摘している。一方で、マグネシウム合金の強さは皮質骨のそれに及ばず、また生体内での溶解速度が大きいことが材料開発上の課題であると指摘している。こうした状況を踏まえて、マグネシウム (Mg) と酸化亜鉛 (ZnO) を素材とした粉末冶金法によって作製する Mg 基 *in situ* 複合材料が、Mg 合金の強さと耐食性を向上させることが期待され生分解性インプラント材料として有望であると述べ、本研究の目的を述べている。

Chapter 2 「Evolution of microstructure and mechanical properties of biomedical Mg-matrix *in situ* composites」では、Mg 粉末と ZnO 粉末を放電プラズマ焼結 (SPS) 法で焼結して作製した複合材料を圧縮試験に供し、Mg-20 wt% ZnO 複合材料の強さが 380 MPa、破断伸びが 11.2 % と純 Mg 焼結材に比べて改善することを明らかにし、その理由として Mg と ZnO の *in situ* 反応による反応生成物、すなわち酸化マグネシウム (MgO)、亜鉛 (Zn)、ならびに Mg-Zn 系金属間化合物 (MgZn, Mg₂Zn₃ および Mg₇Zn₃) が、高強度化と高延性化に寄与していることを、X線回折、組織観察の結果から明らかにしている。この強さは皮質骨のそれのおよそ2倍に達し、この複合材料が荷重を受ける部位のインプラント材料の候補として有望であると結論付けている。

Chapter 3 「*In vitro* corrosion properties of Mg matrix *in situ* composites fabricated by spark plasma sintering」では、ハンクス溶液を使用した浸漬試験と電気化学試験によって Mg 基 *in situ* 複合材料の耐食性を評価し、反応生成物の出現によって、複合材料の耐食性は純 Mg 焼結材のそれから著しく改善されること、とくに Mg-10 wt% ZnO 複合材料でもっとも優れることをみだしている。エネルギー分散型X線分析 (EDX) の結果から、Mg-10 wt% ZnO 複合材料の表面にはリン酸カルシウムが形成していることを明らかにしている。ZnO の比率を増加させた Mg-20 wt% ZnO 複合材料の表面には水酸化マグネシウム (Mg(OH)₂) が形成することを明らかにし、これが Mg-10 wt% ZnO 複合材料に比べて耐食性が劣る理由であると述べている。耐食性の観点から、Mg-10 wt% ZnO 複合材料が生分解性インプラント材料として有望であると述べている。

Chapter 4 「Corrosion properties of HAp coated Mg matrix *in situ* composites」では、作製した複合材料の耐食性をさらに向上させるため、ハイドロキシアパタイト (HAp) コーティングを施し、その効果を確認している。HAp コーティング層が均一に形成し、純 Mg 焼結材にコーティングを行ったときよりも厚い層が形成することをみだしている。HAp コーティング層は密度の高い内層と小片状の外層からなり、HAp コーティングを施した Mg-10 wt% ZnO 複合材料を 14 日間の浸漬試験に供したところ、浸漬試験中にコーティング層の表面にリン酸カルシウムが形成し、それが Mg 基 *in situ* 複合材料の耐食性を著しく向上させた結論付けている。

Chapter 5 「*In vitro* biocompatibility of Mg matrix *in situ* composites fabricated by spark plasma sintering」では、1 日から3日間の細胞培養試験を行って、Mg 基 *in situ* 複合材料の生体適合性を評価している。細胞培養試験の結果、HAp コーティングを施していない試料では、細胞生存率は試料の耐食性に依存していることを明らかにしている。一方 HAp コーティングを施した試料では耐食性が著しく改善されているため細胞培養試験中の水素発生が抑制され、その結果細胞生存率も向上していることをみだしている。これらの結果から、Mg 基 *in situ* 複合材料が生分解性を有する可撤性インプラント材料の候補として極めて有望であると結論付けている。

Chapter 6 「General conclusions」では、各章で得られた成果を総括し、結論を述べている。

以上を要するに、本論文は、Mg 基 *in situ* 複合材料を作製し、その力学的性質と疑似生体環境中での耐食性を明らかにし、後者を改善するための HAp コーティングの効果を検証し、さらには細胞培養試験によって生体適合性に優れることを明らかにすることで、Mg 基 *in situ* 複合材料が生分解性を有する可撤性インプラント材料の候補として極めて有望であると結論付けたもので、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。